

БИОТОПЛИВА – ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

© 2010 г. **С.Д. Варфоломеев**

Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН,
химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Возобновляемая энергия, запасы которой восполняются естественным путем за счет потока солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли, во все времена развития цивилизации удовлетворяла основные потребности человека в тепле, пище, топливе. В течение очень короткого периода развития человечества (XIX–XX вв.) в этот естественный процесс стали вносить заметный вклад дополнительные источники солнечной энергии, «законсервированной» за прошедшие миллионы лет в виде угля, нефти, газа. В последние десятилетия к ним присоединилась ядерная энергия, освоение которой началось во второй половине XX в.

Мировая история эксплуатации углеводородов в глобальном историческом масштабе столь же коротка, сколь и драматична: уже ко второй половине XX в. стали очевидны ограничения традиционной топливной углеводородной энергетики, и мир обратил пристальное внимание на возобновляемые источники энергии. Основные причины — истощение ископаемых ресурсов и значительный экологический ущерб от традиционной энергетики. Одним из первых на это указал Нобелевский лауреат академик Н.Н. Семенов (1974 г.) [1].

Относительно невысокие плотности энергетических потоков представляют технологические трудности для использования возобновляемой энергии. Тем не менее, получение электроэнергии на современных ГЭС — достаточно традиционный метод. Технологическая процедура, обеспечивающая человечество продуктами питания — сельское хозяйство, практически целиком базируется на энергии Солнца. До настоящего времени сельское хозяйство остается безальтернативной отраслью

энергетики в широком ее понимании, где в технологическом режиме осуществляется синтез энергоемких соединений, которые обеспечивают энергетику и животных и человека.

Указанные методы утилизации солнечной энергии получили распространение в силу того, что были разработаны удобные и практически достижимые методы ее использования, — созданы соответствующие современные гидроэнергетические и сельскохозяйственные технологии. В последние десятилетия значительное развитие получили новые технологически значимые направления использования солнечной энергии — прямая трансформация энергии света в электрическую (с использованием преобразователей, солнечных панелей), конверсия ветровой энергии, получение электроэнергии в концентрированных потоках света через тепловые машины, получение биотоплив. Уже сегодня эти методы использования возобновляемой энергии коммерциализируются в больших масштабах и становятся реальными конкурентами традиционной топливной энергетике [2, 3].

Объемы введенных в 2009 г. в Европе электрических мощностей на возобновляемой энергии (ветер, солнечные панели, ГЭС, биотопливо, «концентрированное» солнце) в 1,35 раза превышают введенные мощности, основанные на традиционных энергоносителях (газ, нефть, уголь, ядерная энергия). Наше время — переломный момент, когда суммарный ввод новых мощностей, основанных на использовании возобновляемой энергии, превысил суммарный ввод мощностей, связанных с традиционной энергетикой, основанной на ископаемом топливе.

Большая часть нефти в мире идет на получение жидкого топлива для автомобилей. Потребности в этом виде энергоносителей постоянно растут в связи с «автомобилизацией» Китая, Индии, Южной Америки. Продолжают экспоненциально развиваться технологии производства автомобильного топлива

Варфоломеев С.Д. — директор Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, зав. кафедрой химической энзимологии химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, член-корр. РАН, докт. хим. наук, профессор (119334, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4).
Тел.: (499) 137-64-20, 939-35-89. E-mail: sdvarf@sky.chph.ras.ru.

из биоресурсов. Источники сырья становятся все более разнообразными: некондиционное зерно, отходы сельскохозяйственного производства, лигноцеллюлозные материалы, микроскопическое водоросли и др.

Биотоплива — энергоемкие соединения, получаемые из возобновляемого сырья химическими и биотехнологическими методами [4, 5]. Этот широкий круг веществ включает водород, метан, этанол, биодизельное топливо, бутанол, биокетали, био-нефть (продукты пиролиза биомассы), бионитрилы и др.

Общее мировое производство биотоплив для автомобилей удваивается каждые 2,5—3,5 года. На рисунке приведены данные по динамике мирового производства нефти, биодизельного топлива и биоэтанола. Общее, суммарное производство биоэтанола и биодизельного топлива в ближайшие 15—25 лет может сравняться с объемом общего мирового производства нефти.

Следует постоянно помнить, что объемы ископаемых топлив ограничены. Кроме того, добыча ископаемого углеводородного сырья становится все дороже. Потребности в углеводородном сырье в мире стабилизируются и пойдут на убыль уже в ближайшие 10—15 лет.

В России исследования по возобновляемой энергетике и биотопливам в настоящее время сосредоточены, в основном, в институтах РАН и в МГУ им. М.В. Ломоносова. Стратегия этих работ была заложена академиком Н.Н. Семеновым, в 1978 г. в



Данные по динамике мирового производства нефти (А) биэтанола и биодизельного топлива (Б). Пунктиры — экстраполяции двух возможных сценариев роста производства

структуре АН СССР им был создан Научный совет по изысканию новых путей использования солнечной энергии. В структуре совета работали секции: по фотоэлектричеству, руководимая чл.-корр. АН СССР Ж.И. Алферовым, впоследствии академиком и Нобелевским лауреатом, по биотопливу, ветровой энергии, по исследованию возможностей преобразования солнечной энергии тепловыми машинами.

В те годы в СССР была создана уникальная промышленность по получению биоэтанола трансформацией лигноцеллюлозного сырья [6], сконструированы производственные установки по получению биогаза из отходов сельскохозяйственного производства.

Россия с относительно благоприятным климатом для сельскохозяйственного производства и культивированием лесов имеет уникальные возможности для производства биоэнергосносителей. Только отходы современного сельского хозяйства способны по энергосодержанию обеспечить в стране многократное увеличение производства автомобильного топлива. Россия ежегодно производит около 100 млн т зерна, при этом образуется 120—200 млн т отходов в виде растительной биомассы. По энергоемкости этот источник соответствует 55—95 млн т бензина. Общий ежегодный объем сельскохозяйственных отходов и отходов лесной промышленности в стране оценивается в 300—350 млн т. Для сравнения: в России ежегодно потребляется 30—33 млн т бензина.

Возобновляемая энергия — ключ к освоению гигантских территорий Сибири и Дальнего Востока. По этому пути идет Китай, ориентируя свои северо-западные области на использование именно возобновляемых источников энергии.

Рост производства возобновляемой энергии определяется в первую очередь ее экономической востребованностью. Биотоплива уже сейчас сопоставимы по цене с традиционными автомобильными топливами: цена 1 л топливного этанола в США и Европе 0,5—0,7 долл., биодизельного топлива 0,5—0,8 долл. Показано, что при цене нефти выше 60 долл. за баррель, производство биотоплив становится экономически выгодным.

Возобновляемая энергия и биоэнергосносители имеют ряд неоспоримых преимуществ:

- практически бесконечный ресурсный объем и доступность в любом регионе мира;
- экологическая чистота, принципиальное ре-

шение вопросов, связанных с глобальным перегревом планеты и выбросом парниковых газов;

— независимость от нефте- и газодобывающих стран;

— распределенный характер энергетических устройств, отсутствие необходимости использовать системы с экстремально высокими плотностями энергии;

— отсутствие материалоемких и уязвимых систем транспорта энергии (линий энергопередач, трубопроводов и др.).

Преимущества делают возобновляемую энергию единственно необходимой и безальтернативной, при этом переход на новые, полномасштабные источники энергии происходит уже сегодня.

В мире создаются технологии получения биоэнергосистем. Базовых проблем получения топлив нового поколения три:

1. Предобработка биомассы. Растительная биомасса — композиция сложного химического состава, в которой биополимеры типа целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина составляют основную часть. Необходим качественно новый уровень процессов деполимеризации и структурной унификации возобновляемого сырья;

2. Как в большинстве химических процессов, катализ — ключевая проблема перехода процесса на реальный технологический уровень. Большое разнообразие химических структур, комплексный состав возобновляемого сырья делают проблему создания катализаторов весьма сложной. Реальные решения в этой области — использование микробиологических, биотехнологических процессов или комбинирование химико-биотехнологических стадий;

3. Современные технологии, включающие высокоэффективные стадии разделения продуктов реакции. Наиболее востребованными представляются мембранные процессы разделения веществ.

Рассмотрению указанных проблем получения биотоплив посвящается этот специализированный выпуск журнала.

Получение топлив из биомассы базируется на современных достижениях в катализе, микробиологии и биотехнологии, химической энзимологии, физике и химии современных разделительных процессов. Междисциплинарный характер проблемы отражают и представленные статьи.

Лимитирующей, наиболее энерго- и трудозатратной стадией конверсии биомассы в топливо является деполимеризация природных биополимеров

(целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, белков). В настоящее время развиваются механо-химические процессы, ферментативные методы гидролиза, ультразвуковая предобработка.

Получение биоспиртов и биодизельного топлива — генеральное направление современных научно-исследовательских и инженерных работ. Непрерывно совершенствуются процессы получения этанола, бутанола, эфиров жирных кислот. В этом номере журнала речь идет о создании гетерогенных биокатализаторов, источников липидов и способах их трансформации в биодизельное топливо.

Непрерывно расширяется спектр биотоплив. Побочные продукты получения биоспиртов и биодизельного топлива, такие как глицерин и пентозаны, могут быть химически модифицированы в биоке-тали — высокооктановые добавки к традиционным топливам для двигателей внутреннего сгорания.

Водородная энергетика — один из весьма привлекательных проектов современности. Водород — наиболее энергоемкое и экологически безопасное, но слабо доступное и дорогое топливо. Современные методы получения водорода основаны на использовании природного газа. Микробиологический синтез водорода из биомассы или создание энергетического цикла биофотолитического разложения воды с отдельным получением водорода и кислорода — весьма привлекательная научно-техническая задача. Энергию получаемого водорода можно напрямую конвертировать в электроэнергию, используя современные, ферментные топливные элементы.

Любая научно-техническая задача в области крупномасштабной топливной технологии связана с разделением веществ. Современное решение таких задач основано на процессах мембранного разделения, которым посвящена одна из статей спецвыпуска.

Литература

1. Семенов Н.Н. Избранные труды. Т. 4. М.: Наука, 2006, С. 231.
2. Моисеев И.И., Платэ Н.А., Варфоломеев С.Д. Альтернативные источники органических топлив // Вестник Российской академии наук. 2006. Т. 76. № 5. С. 427.
3. Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергосистемы из возобновляемого сырья. Химические

- аспекты // Вестник Российской Академии наука. 2009. Т. 79. № 7. С. 595.
4. Варфоломеев С.Д., Калужный С.В., Медман Д.Я. Химические основы биотехнологии получения топлив // Успехи химии. 1988. Т. 57. Вып. 7. С. 1201.
5. Варфоломеев С.Д., Ефременко Е.Н., Крылова Л.П. Биотоплива // Успехи химии. 2010. Т. 79. Вып. 6.
6. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств. М.: Лесная промышленность, 1989.

УДК 662.754

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ БИОЭТАНОЛА В УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ТОПЛИВА

© 2010 г. **В.Ф. Третьяков**¹,
Ю.И. Макаرفи²,
К.В. Третьяков¹,
Н.А. Французова²,
Р.М. Талышинский¹

¹ Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Москва

² Московская академия тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова

Введение

Увеличение цен на нефть, в связи с истощением ее мировых природных ресурсов, а также ужесточение экологических требований к топливам диктует необходимость поиска альтернативных источников сырья для их производства. Использование угля и природного газа в качестве возможных невозобновляемых источников получения синтетического моторного топлива приводит к выбросам диоксида углерода и токсичных газов в атмосферу. Применение наиболее перспективного источника, отвечающего современным экологическим требованиям к топливному и химическому сырью, которым является

биоэтанол из биомассы, затруднено в связи с необходимостью изменения конструкции двигателей и ограниченностью использования его в холодных регионах. Поэтому стратегическим направлением исследования является создание технологических основ каталитической конверсии биоэтанола для получения олефинов, углеводородов ароматических и бензинового ряда.

Промышленным источником получения современного биотоплива служит биомасса разного происхождения. К химическому составу и виду топлив предъявляется ряд технико-экономических требований. Факторы, влияющие на внедрение биотоплива в повседневный быт и промышленность, условно подразделяются на четыре группы: 1 — технические, связанные с выбором исходного сырья, оптимизацией его переработки, конструкцией двигателей и преобразователей топлива, а также инфраструктурой производства и потребления; 2 — экономические, определяемые ценой биотоплива по сравнению с традиционным топливом; 3 — законодательные, к которым относится ужесточение экологических законов в регионах; 4 — факторы, связанные с государственными субсидиями, а также зависимостью страны от внешних энергоресурсов. В производстве альтернативного топлива для транспортных целей

Третьяков В.Ф. — докт. хим. наук, профессор, зав. отделом Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (119991, Москва, Ленинский пр-т, 29). Тел.: (495) 955-42-71. E-mail: tretjakov@ips.ac.ru.

Макарфи Ю.И. — аспирант Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова (119571, Москва, пр-т Вернадского, 86).

Третьяков К.В. — канд. хим. наук, науч. сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (119991, Москва, Ленинский пр-т, 29). Тел.: (495) 955-42-23.

Французова Н.А. — канд. хим. наук, доцент Московской государственной академии тонкой химической технологии им. М.В. Ломоносова (119571, Москва, пр-т Вернадского, 86).

Талышинский Р.М. — докт. хим. наук, вед. науч. сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН (119991, Москва, Ленинский пр-т, 29). Тел.: (495) 955-42-71.